



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> : <b>H02P 9/48, H02J 7/14</b>		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/27023</b>
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:	11. Mai 2000 (11.05.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE99/03416</b> (22) Internationales Anmeldedatum: <b>27. Oktober 1999 (27.10.99)</b> (30) Prioritätsdaten: <b>198 49 889.6</b> <b>29. Oktober 1998 (29.10.98)</b> <b>DE</b> (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).</b> (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>MUELLER, Wolfgang [DE/DE]; Wollinstraße 33, D-70439 Stuttgart (DE). LUZ, Oliver [DE/DE]; Im Gaenswasen 41, D-73669 Lichtenwald (DE). SCHOETTLER, Richard [DE/DE]; Maulbronner Strasse 5, D-75248 Oelbronn (DE).</b>		(81) Bestimmungsstaaten: <b>BR, CN, CZ, HU, JP, KR, PL, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b> Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.          Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	

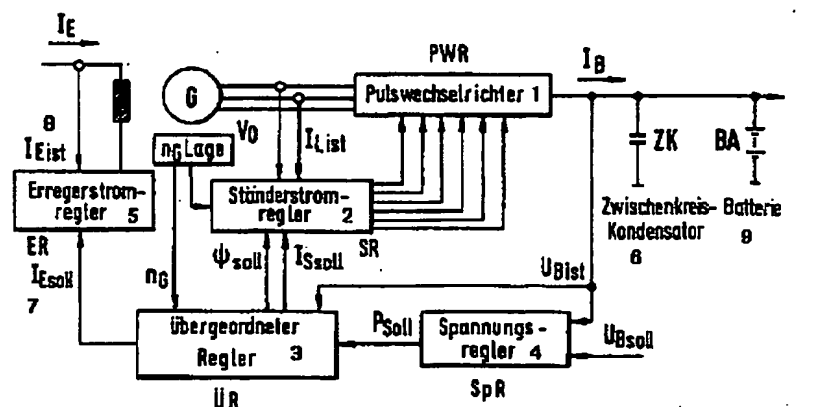
(54) Title: **METHOD FOR THE OPTIMIZED CONTROL IN TERMS OF OUTPUT AND EFFICIENCY OF SYNCHRONOUS MACHINES**(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR LEISTUNGS- UND WIRKUNGSGRADOPTIMIERTEN REGELUNG VON SYNCHRON- MASCHINEN**

## (57) Abstract

The invention relates to a method for the optimized control in terms of output and efficiency of three-phase generators comprising a rectifier unit, especially of synchronous machines. At least three ranges of control are defined within which the generator is controlled according to different criteria. Said ranges of control are especially defined depending on the rotational speed and the desired nominal output. The control includes both the excitation current and the stator current and is carried out by various control units exchanging information.

## (57) Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur leistungs- und wirkungsgradoptimierten Regelung von Drehstromgeneratoren mit einer zugeordneten Umrichterbrücke, insbesondere Synchronmaschinen beschrieben, bei dem wenigstens drei Regelbereiche definiert werden, innerhalb derer die Regelung des Generators nach unterschiedlichen Kriterien erfolgt. Die Festlegung der Regelbereiche erfolgt insbesondere drehzahlabhängig und abhängig von der gewünschten Sollleistung. Die Regelung erstreckt sich dabei sowohl auf den Erregerstrom als auch auf den Ständerstrom und wird mittels verschiedener, miteinander Informationen austauschender Regler durchgeführt.



- |                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1 ... PULSE RECTIFIER            | 8 ... INTERMEDIATE CIRCUIT CONDENSER |
| 2 ... STATOR CURRENT CONTROL     | 7 ... NOMINAL                        |
| 3 ... SUBORDINATE CONTROL        | 8 ... ACTUAL                         |
| 4 ... VOLTAGE CONTROL            | 9 ... BATTERY                        |
| 5 ... EXCITATION CURRENT CONTROL |                                      |

(43)公表日 平成14年9月10日(2002.9.10)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	チ-71-ト <sup>*</sup> (参考)
H 0 2 P	9/14	H 0 2 P	G 5 H 5 9 0
	9/04		L

審查請求 未請求 予備審查請求 未請求(全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2000-580294(P2000-580294)
(86) (22) 出願日	平成11年10月27日(1999. 10. 27)
(85) 翻訳文提出日	平成12年6月28日(2000. 6. 28)
(86) 国際出願番号	PCT/DE99/03416
(87) 国際公開番号	WO00/27023
(87) 国際公開日	平成12年5月11日(2000. 5. 11)
(31) 優先権主張番号	198 49 889. 6
(32) 優先日	平成10年10月29日(1998. 10. 29)
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)
(81) 指定国	EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), BR, CN, CZ, HU, JP, KR, PL, RU, US

(71)出願人 ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト  
ミット ベシユレンクテル ハフツング  
ROBERT BOSCH GMBH  
ドイツ連邦共和国 シュツツトガルト  
(番地なし)

(72)発明者 ヴォルフファング ミュラー  
ドイツ連邦共和国 シュツツトガルト ヴ  
ォリンシュトラーセ 33

(72)発明者 オリヴァー ルッツ  
ドイツ連邦共和国 リヒテンヴァルト イ  
ム ゲンスヴァーゼン 41

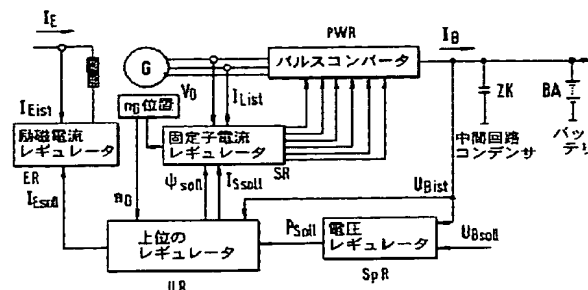
(74)代理人 弁理士 矢野 敏雄 (外4名)

[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 同期機の電力及び効率最適化調整方法

## (57) 【要約】

インバータブリッジが配属された三相交流発電機、例えば、同期機の電力及び効率最適化調整用方法が記載されており、その際、少なくとも3つの調整領域が形成され、該調整領域内で、発電機の調整が種々異なる基準に応じて行われる。調整領域は、例えば、回転数依存且つ所望の目標電力に依存して決められる。その際、調整は、励磁電流にも固定子電流にも拡張され、交互に交換されるレギュレータの相互の種々異なる情報を用いて実行される。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 インバータブリッジが配属された発電機、例えば、同期機の電力及び効率最適化調整方法であって、励磁機巻線を通る励磁電流（ $I_E$ ）の調整を、前記発電機の出力電圧が所定の高さに達して、付加的に前記発電機の位相電流が調整されるようにした方法において、少なくとも3つの調整領域を形成し、該調整領域内で、発電機の励磁電流及び位相電流の調整を種々異なる基準に応じて行うことを特徴とする方法。

【請求項2】 同期調整領域（*Drehregelbereiche*）の形成の際、発電機の出力電力（ $P_{Gen}$ ）及び／又は前記発電機の回転数（ $n_G$ ）に依存して形成する請求項1記載の方法。

【請求項3】 発電機の各回転数及び各所望の発電機電力のために、励磁電流及び単数又は複数の位相電流の値及び位相を自由に選定することができるように調整する請求項1又は2記載の方法。

【請求項4】 第1の調整領域内で、励磁電流を当該励磁電流の最大可能値にセットし、第2の調整領域内では、前記励磁電流を同様に当該励磁電流の最大値にセットするが、位相電流の位相位置は、位相電圧が最大可能値をとるように選定し、第3の調整領域内では、発電機を、前記位相電流及び前記位相電圧が同相、従って、電力係数  $\cos \phi = 1$  であるように運転し、励磁電流を、角度  $\phi = 0$  となるように調整する請求項1から3迄の何れか1記載の方法。

【請求項5】 第4の調整領域内で、所定の電圧限界値を超えて、発電機巻線を、インバータエレメントを相応に調整することによって短絡して、励磁電流を低減する請求項1から4迄の何れか1記載の方法。

【請求項6】 調整に必要な量  $I_{Esoll}$ 、 $I_{Dsoll}$ 、 $I_{Gsoll}$  を多次元の表を用いて求める請求項1から5迄の何れか1記載の方法。

【請求項7】 インバータブリッジが配属された発電機、例えば、同期機の電力及び効率最適化調整装置であって、励磁機巻線を通る励磁電流（ $I_E$ ）の調整用のレギュレータと、前記発電機の位相電流の調整用の別のレギュレータとを有する装置において、上位に設けられたレギュレータは、他の両レギュレータと接続されており、当該

他の両レギュレータに目標値が設定されていることを特徴とする装置。

【請求項8】 第4のレギュレータは、電圧レギュレータとして運転し、インバータから取り出された電圧が目標電圧と比較され、上位に設けられたレギュレータに目標電力が供給される請求項7記載の装置。

【請求項9】 インバータブリッジは、所定数のパルスコンバータ素子とバッファコンデンサとが設けられたパルスコンバータ（Pulswechsler）である請求項7又は8記載の装置。

【請求項10】 装置は、自動車の構成部分であり、少なくとも1つのレギュレータは、調整過程の実行用及び／又は前記自動車内に設けられたコンピュータと通信するための計算手段を有している請求項7から9迄の何れか1記載の装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 従来技術

自動車では、エネルギー生成のために、現在主にクローポール型発電機が使用されている。クローポール型発電機（オルタネータ）は、同期突極電機（*Synchroneisenschekelpolmaschine*）の原理によって近似的に説明することができる三相交流電機である。通常のように、発電機の3相出力電流は、受動B6ダイオードブリッジによって整流され、図1には、そのような装置構成が示されている。発電機は、励磁電流によって調整され、調整の際、発電機の出力電圧 $U_B$ は、回転数に依存せずに、且つ、発電機の効率の範囲内で、負荷にも依存せずに所望の値に調整される。発電機並びに所属の整流器回路（例えば、図1に示されている）を用いて、所定の回転数、所謂始動回転数（*Angehdrehzahl*）に達した後初めて電力給電が開始される。この始動回転数よりも小さな回転数の場合、発電機電圧は、バッテリー電圧よりも小さい。この場合には、電力がB6整流器ブリッジを介して車両搭載電源に給電される。

## 【0002】

クローポール型発電機の電力を上昇する手段は、励磁電流を上昇する点にある。しかし、その結果、自動車内で使用されるクローポール型発電機の通常の機器構成の場合、際だった磁気飽和現象が生じる。この磁気飽和現象により、電力上昇が著しく低減されることになる。更に、持続運転中の励磁電流の明らかな上昇により、発電機が熱過負荷状態となり、その結果、この方式は、時間的に制限しないと使用することができない。

## 【0003】

電力上昇用の別の手掛かりとしては、固定子巻線数を変えることにある。固定子巻線数を増やすと、始動回転数を減らすことができ、出力電力を低回転数領域内で上昇させることができる。何れにせよ、この場合、中間及び高い回転数領域内で、出力電力は明らかに小さくなってしまう。固定子巻線数を減らすと、高い回転数領域内では電力が上昇するが、それと同時に、下側の回転数領域内では電力が小さくなり、始動回転数が上昇する。従って、この理由から、固定子巻線数

を変えると、別の回転数領域に亘って電力を上昇させる目的は達成できない。

#### 【0004】

ドイツ連邦共和国特許出願第197-33221. 8号公報には、発電機の後ろに接続された高領域設定乃至低領域設定調整器 (Hochsetz- bzw. Tiefsetzsteller) 及び固定子巻線数の変化を用いて発電機の電力特性曲線を有利に変えることができるやり方が開示されている。ドイツ連邦共和国特許公開第19845569. 0号公報に記載されているように、固定子巻線数を低減し、ダイオード整流器を有する発電機の後ろに高領域設定調整器を接続すると、中間及び高回転数領域内で電力を高くすることができる。下側の回転数領域内では、発電機の電圧は、高領域設定調整器を用いて車両搭載電源の電圧レベルに上昇させられる。

#### 【0005】

受動B6ブリッジを用いた3相発電機電流の整流の主要な欠点は、位相電流の値及び位相又はポールホイール角度を発電機調整用の調整量として利用することができないという点にある。位相電圧は、この場合、車両搭載電源電圧によって固定的に設定され、位相電流と位相電圧との間の位相角度は、全ての作動点で、良好に近似して $\phi = 0$ となる。従って、電機を、全ての作動点で、出力電力、効率及び調整の動特性に関して最適に運転することができる。

#### 【0006】

発電機をパルスインバータと一緒に運転すると、この制限はなくなる。この刊行物からも、クローポール型発電機をパルスインバータと共に使用することが公知である。

#### 【0007】

その際、ドイツ連邦共和国特許公開第19733212. 9号公報には、内燃機関により運転可能な発電機の調整用の方法が記載されている。その際、2つの調整領域、つまり、低回転数での基本回転数領域と、比較的高い回転数での界磁の弱い領域とで運転する手段が示されている。調整方法は開示されていない。励磁電流の調整については、何ら言及されていない。しかし、励磁電流の導入に誤差があると、電機乃至発電機の調整を効率及び電力を最適化して行うことができ

ない。

#### 【0008】

米国特許第5648705号明細書乃至ヨーロッパ特許出願公開第0762596号公報には、固定子電流とポールホイール電圧との間の角度を変えることによって、下側回転数領域内で電力を上昇させる方法が記載されている。調整の概念については、開示されていない。下側の回転数領域内で、最大出力電力が必要となった場合、発電機の3相電流は、受動ダイオードブリッジ及び励磁電流の一般的な調整を用いて、所望の出力電圧に調整される。受動ダイオードブリッジに対しては、整流回路のMOSFETスイッチの寄生ダイオードが利用される。しかし、中間及び比較的高い回転数領域内では調整されない。従って、全負荷及び部分負荷の場合に、中間及び比較的高い回転数領域内での電機の電力及び効率を最適化した調整は、達成されない。

#### 【0009】

米国特許第5663631号明細書には、発電機の調整について記載されており、それによると、電機の励磁電流 $I_E$ が、レギュレータによって、専ら出力直流電圧の目標値 $U_{Bso11}$ と実際値 $I_{Bso11}$ との間の差 $\Delta U_B = U_{Bso11} - I_{Bso11}$ を用いて求められる。電機のポールホイール角度 $\delta$ は、最大出力電力のために $\delta = 90^\circ$ に調整される。それと同時に、電機を、ポールホイール角度を効率を最適化した作動点に適切に選定することによって運転する手段について開示されている。励磁電流に依存してポールホイール角度を正確に調整することができる点について言及されている。しかし、励磁電流に依存してポールホイール角度を正確に変えるやり方については開示されていない。

#### 【0010】

この方法の主要な特徴は、励磁電流が調整偏差 $\Delta U_B$ にしか依存せずに決められるという点にある。この特許明細書に記載されている、ポールホイール角度の補正は、励磁電流に依存してのみ行われる。

#### 【0011】

公知の方法と異なり、特許請求の範囲には、各回転数点及び各所望の発電機電力に対して、励磁電流及び位相電流の値及び位相を自由に選択することができる

方法が示されている。そうすることによって、電機乃至発電機の如何なる可能な運転状態からも、実際の必要性に最も適した量を選定して、要求に応じて、その都度最も有利な作動点に調整する手段が得られる。本特許出願では、所望の出力電力により、励磁電流の目標値だけが調整されるのではなく、電機調整にとって重要な、当該電機の調整パラメータ全てが調整される。

#### 【0012】

米国特許第5663631号明細書から公知の方法には、本特許出願に較べて、調整の動特性が励磁回路によって規定されてしまうという付加的な欠点がある。従って、大きな負荷変動時の特性に関して、受動B6ダイオードブリッジでの整流と同じ欠点がある。つまり、負荷変動は、励磁回路の大きな時定数に相応してしか調整されないのである。しかし、本特許出願では、位相電流の付加的な値及び位相位置が、大きな負荷変動を高い値で動的に調整するために利用される。

#### 【0013】

発明の利点

発電機の調整用の本発明の方法及び装置は、発電機の利用可能な出力電力も効率も、受動ダイオード整流器を有する発電機に較べて広い回転数領域内で著しく高くなるという利点を有している。

#### 【0014】

付加的に、既述の方法によって、調整の動特性（例えば、負荷をなくした場合）を明らかに改善することができる。現在の発電機では、負荷をなくした場合（ロードダンプ）、ツェナダイオードとして構成された整流器ダイオードを用いて過電圧に対して保護される。発電機が、比較的高い車両搭載電源電圧、例えば、 $U_B = 42\text{ V}$ を発電する必要がある場合、比較的高い電圧のツェナダイオードを製造する際に著しい問題点が生じる。従って、比較的高い発電機電圧、例えば、 $U_B = 42\text{ V}$ の場合でも、負荷がなくなった場合の過電圧に対する保護を達成するために、電圧制限のための他の方法を選定する必要がある。ここに紹介した方法によると、有利に、負荷がなくなった場合の過電圧に対して有効に保護しつつ、発電機の電力及び効率を高めることができる。

#### 【0015】



利点は、発電機を調整するための全部で4つの種々異なる調整領域からなる方法によって達成される。4つの調整領域の内の1つの領域は、所与の要求及び周辺条件、例えば、所望の出力電圧及び所与の発電機回転数に応じて選定される。このようにして、受動整流で運転する場合に較べて、著しく有利な電機の調整が可能であり、この調整により、利用可能な出力電力、効率及び調整の動特性を向上することができる。

#### 【0016】

本件特許請求の範囲の方法は、同期非突極及び同期突極電機 (S y n c h r o n v o l l p o l - u n d S y n c h r o n s c h e n k e l p o l m a s c h i n e n) の場合でも、同様の機能原理に基づく発電機、例えば、クローポール型発電機の場合でも有利に利用することができる。その際、電機の位相巻線は、スター結線にしてもデルタ結線にしてもよい。方法について、理想的な同期突極電機の例で説明する。同様の機能原理又は無視出来ない付加的な作用、例えば、形成された磁氣的に非直線特性を有する電機の場合、既述の方法は、同様に考慮して使用することができる。

#### 【0017】

本発明の別の利点は、従属請求項に記載された手段によって達成される。

#### 【0018】

#### 図面

以下、本発明について図示の実施例を用いて説明する。

#### 【0019】

#### 実施例の説明

図1には、本発明の理解にとって重要な、受動整流部付の発電機Gの構成部分について示されている。図1には、クローポール形発電機とダイオードブリッジとを用いて直流電流を形成するために、現在自動車の領域内で通常使われている方法が示されている。その際、 $L_E$ は、励磁機巻線のインダクタンスを示し、 $I_E$ は、励磁電流を示す。 $L_s$ で、固定子乃至位相インダクタンスが示されている。 $U_P$ は、ポールホイール電圧を示し、 $R$ は、巻線の抵抗を示す。ダイオードブリッジのダイオードは、 $D1 \sim D6$ で示されており、 $U_B$ は、車両搭載電源電圧乃

至バッテリー電圧である。

#### 【0020】

全システムの原理的な構成は、図2に示されている。発電機は、パルスコンバータPWRを介して中間回路コンデンサZK及びバッテリーBAに接続されている。装置VOは、発電機回転数 $n_g$ 及び回転子位置を検出する。個別のレギュレータは、ER（励磁電流レギュレータ）、SR（固定子電流レギュレータ）、UR（上位のレギュレータ）、及びSPR（電圧レギュレータ）を示す。図2に、それ以外含まれている量については、以下説明する。

#### 【0021】

発電機 $P_{soll}$ の所望の目標電力は、電圧レギュレータ、例えば、PIレギュレータによって、バッテリー電圧の目標値と実際値との調整偏差 $U_{Bsoll} - U_{Bist}$ を用いて求められる。

#### 【0022】

位置及び回転数検出用の装置は、回転子位置及び発電機回転数を求める。位置及び回転数検出用の方法は、例えば、光学、磁氣的又は機械的な原理に基づいている。更に、センサレスの方法もあり、この方法によると、電機の端子値から、電機子の位置、及び、その回転数が求められる。この方法は、公知であり、そのため、ここでは更に詳しく説明しない。

#### 【0023】

上位のレギュレータの入力量は、所望の発電機出力 $P_{soll}$ 、回転数 $n_g$ 及び中間回路電圧 $U_{Bist}$ である。上位のレギュレータによって、選択的に、4つの調整領域の内の1つが選定される。

#### 【0024】

上位のレギュレータの出力目標値（図2に定義されているような）は、値 $I_{soll}$ 及び位相電流の位相位置 $\psi_{soll}$ 、乃至、位相電流の縦回路及び横回路成分 $I_{dsoll}$ 、 $I_{qsoll}$ 、並びに、励磁電流 $I_{Esoll}$ の目標値である。そうすることによって、各回転数点及び電圧レギュレータによって要求された各発電機電力、その都度最も有利な作動点を自由に選定することができる。

#### 【0025】

固定子電流レギュレータの入力量は、回転子位置及び発電機回転数 $n_g$ 、位相電流の目標値及び測定された導体電流 $I_{List1}$ 及び $I_{List2}$ である。測定された2つの導体電流から、発電機の位相電流が計算により求めることができる。択一選択的に、全部で3つの導体電流又は2つ、乃至、3つの位相電流を直接測定してもよい。

#### 【0026】

固定子電流レギュレータは、パルスコンバータ（図5）の6つのスイッチを適切に調整して、位相電流を値及び位相に応じて形成する。パルスコンバータのスイッチは、例えば、図5に示されているように、MOSFETトランジスタとして構成することができる。三相電流電機内でパルスコンバータを用いて値及び位相を形成する多数の可能な方法は、一般的に公知であり、従って、ここでは、更に説明しない。

#### 【0027】

調整領域1-3の原理的な経過特性は、図3に出力電力 $P_{GEN}$ 及び発電機回転数 $n_g$ に依存して図示されている。

#### 【0028】

回転数曲線 $N_{23}$ の左側の回転数で運転する際、受動B6ブリッジで運転する際、電力は消費されない。つまり、発電機の出力電圧は、この場合、車両搭載電源電圧 $U_B$ よりも小さい。回転数曲線 $N_{23}$ は、受動B6ブリッジを有する発電機の全負荷運転に相応している。調整領域1及び2を用いて、発電機は、非常に低い回転数領域内でも電力を生成することができる。受動整流部で重要な始動回転数 $n_0$ は、従って、本発明の方法を用いるとあまり技術的意味がない。

#### 【0029】

図6には、発電機の電力特性の、固定子巻線数の変化により変化する様子が示されている。 $w_1$ から $w_2$ に固定子巻線数が低減した場合、電力が最大回転数に上昇する。限界線 $N_{12}$ 及び $N_{23}$ は、比較的高い回転数に向かってシフトする。非常に低い回転数領域内で達成可能な最大出力電力は、しかし、一定のままである。この電力は、領域1内で固定子巻線数に依存せずに同じ程度で供給される。

#### 【0030】

調整領域1-3は、種々異なる効率の領域も示す。固定子巻線数の変化により、従って、負荷特性曲線の電力特性も効率特性も適合することができる。例えば、このやり方で、自動車の無負荷運転回転数を効率最適化された調整領域1によってカバーすることが達成される。

### 【0031】

調整領域1：

調整領域1によって、発電機の下側の回転数領域がカバーされる。この調整領域内では、励磁電流 $I_E$ が、その最大可能値に設定され、即ち、 $I_E = I_{E_{max}}$ である。そうすることによって、下側の回転数領域内で、ポールホイール電圧が最大になる。小さな回転数により、位相電圧 $U_s$ は、車両搭載電源電圧 $U_s$ に比較して常に小さくて、パルスコンバータ $U_{max}$ の電圧調整領域が調整領域1内に超過されないようになる。従って、位相電圧 $U_s$ は、パルスコンバータによって調整可能な最大値 $U_{max}$ よりも常に小さい。位相位置及び位相電流の値は、従って、電機の最大出力電力に制限せずに調整することができる。最大可能位相電流は、電機の加熱により制限される。一定位相電流 $I_s$ で、調整領域1内で、電機の最大出力電力が回転数に比例して増大する。

### 【0032】

図4に定義された角度 $\Psi$ を用いて、縦回路及び横回路電流 $I_d$ 及び $I_q$ を用いて、つまり、

$$I_d = I_s \cdot \sin \Psi \quad I_q = -I_s \cdot \cos \Psi$$

を用いて、同期突極電機の出力電力用に：即ち、

$$P_{GEN} = -3/2 \cdot \omega \{ (M_{de} \cdot I_{E_{max}} \cdot I_s \cdot \cos(\Psi) + 1/2 \cdot (L_d - L_q) \cdot I_s^2 \cdot \sin(2\Psi) \}$$

但し、 $\omega$ は、固定子電流の電機回路周波数、

$M_{de}$ は、回転子と固定子との間の結合インダクタンスを示す、  
が得られる。

### 【0033】

上述の式 $I_s = I_s(P_{GEN}, \Psi)$ から、発電機 $P_{GEN}$ の所望の目標電力用に、最適値 $\Psi_{opt}$ を求めることができ、その際、位相電流は、最小値となる。

## 【0034】

$$A = (L_d - L_q) / 2, \quad B = M_{de} \cdot I_{Emax}, \quad C = 2 \cdot P_{soll} / 3 \cdot \omega$$

を用いて、近似的に、

## 【0035】

## 【数1】

$$\varphi_{pi} = \arctan \left( \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{B^2}{2 \cdot A \cdot C} + \sqrt{\left( \frac{B^2}{2 \cdot A \cdot C} \right)^2 + 8} \right) \right)$$

## 【0036】

及び、

$$I_{smin} = B \cdot \sin \omega / 2 \cdot A \cdot \cos (2 \Psi)$$

となる。

## 【0037】

従って、最も所望の目標電力 $P_{GEN}$ 用の最適な角度 $\Psi_{opt}$ の調整によって、位相電流を最小化することによって、最大可能励磁電流 $I_E = I_{Emax}$ の場合に、オーム位相損失を最小にすることができる。非常に小さな電力は別にして、位相巻線中の電氣的なオーム損失は、励磁回路内の電気損失よりも常に著しく大きいので、電機は、調整領域1内で最大効率で運転する。図3に回転数曲線 $N_{12}$ によって示されている所定の電力依存の回転数から、位相電流の位相位置を、パルスコンバータによって、調整領域1の設計に応じて調整することができる。この場合、位相電圧は、中間回路電圧 $U_{Bist}$ によって与えられたパルスコンバータの電圧調整領域 $U_{max}$ の最大値を超過する。これにより、第2の調整領域、調整領域2になり、この領域内では、適切な電機の調整によって、その可能な最大値に制限される必要がある。

## 【0038】

調整領域2：

調整領域2内では、更に $I_E = I_{Emax}$ が設定される。しかし、位相電流の位相位置は、位相電圧が、パルスコンバータによって調整可能な最大値 $U_S = U_{max}$ となるように選定される。位相電流の位相位置は、パルスコンバータの電圧調整

領域 $U_{\max}$ の空隙界磁の弱化によって超過されないように選定される。

### 【0039】

ポールホイール角度 $\delta$ 及び一定位相電圧 $U_s = U_{\max}$ により、発電機の出力電力が以下のように得られる：

$$P_{soll} = -3/2 \cdot U_{\max} \cdot (M_{de} \cdot I_{E\max} / L_d \cdot \sin(\delta) + U_{\max} / 2 \cdot \omega \cdot (1/L_q - 1/L_d) \cdot \sin(2\delta))$$

所与の最大一定位相電圧 $U_{\max}$ の場合、ポールホイール角度 $\delta$ の変化を介して、所望の発電機電力が調整される。各所望の目標電力に対して、発電機の電力能力の範囲内で、所定のポールホイール角度 $\delta = \delta(P_{soll})$ が調整される。

### 【0040】

電機内のポールホイール角度 $\delta = \delta(P_{soll})$ が調整されると、パルスコンバータの調整領域は、超過されず、条件 $U_s = U_{\max}$ が維持される。

### 【0041】

調整すべき縦回路及び横回路電流は、

$$I_d = (U_{\max} \cdot \cos \delta - \omega \cdot M_{de} \cdot I_{E\max}) / \omega \cdot L_d \text{ 及び } I_q = -U_{\max} \cdot \sin \delta / \omega \cdot L_q$$

となる。 $I_E$ 、 $I_d$ 及び $I_q$ で、所望の目標電力 $P_{GEN}$ に依存する電機状態が一義的に定義される。

### 【0042】

領域2内では、電機は、無効電力 $P_B$ となる。出力電力（部分負荷運転）が低減すると、最終的に $\cos \phi = 1$ に達し、即ち、位相電流及び位相電圧は同相となる。回転数曲線 $N_{23}$ は、この限界を示す。しかし、更に比較的小さな電力では技術的に意味があり、電機は、 $\cos \phi = 1$ で更に運転されて、効率が最大となる。これは、調整領域3によって達成される。

### 【0043】

調整領域3：

調整領域3は、電力係数 $\cos \phi = 1$ の発電機の運転によって示され、即ち、位相電流及び位相電圧は、同相となる。調整領域3は、受動ダイオード整流部付の発電機の運転に相応する。この調整領域は、部分負荷運転領域で中間回転数領

域から調整される。一定位相電圧  $U_s = U_{\max}$  の、ここで説明している場合には、発電機の最大効率が得られる。この状態を調整するために、励磁電流は、 $\sin \phi = 0$ 、即ち、無効電力  $P_B = 0$  となるように調整される。限界線  $N_{23}$  の上側の電力は、調整領域3によって得ることができる。つまり、この場合には、励磁電流  $I_E > I_{E\max}$  が必要とされる。

#### 【0044】

位相電流の値は、調整領域3の場合に

$$I_s = 2/3 \cdot P_{\text{Gen}} / U_{\max}$$

となる。求めているポールホイール角度  $\delta$ 、縦回路及び横回路電流  $I_d$ 、 $I_q$  及び励磁電流  $I_E$  は、突極同期電機の電機整流部から算出され、つまり、

$$\delta = \arctan (\omega \cdot L_q \cdot I_s / (R_1 \cdot I_s - U_{\max}))$$

$$I_d = I_s \cdot \sin(\delta), \quad I_q = I_s \cdot \cos(\delta)$$

$$I_E = 1 / \omega \cdot M_{de} \cdot ((U_{\max} - R_1 \cdot I_s) \cdot \cos \delta - \omega \cdot L_d \cdot I_s \cdot \sin \delta)$$

従って、電機の調整は、調整領域3に対して完全に定義されている。

#### 【0045】

調整領域1-3内に示されている調整構造を用いて、電機の全ての通常の運転状態がカバーされる。

#### 【0046】

調整領域4：

以下説明する調整領域4は、極端な負荷低減の場合に高い調整動特性にするために利用される。他方、この調整機能は、過電圧に対する付加的な安全機能を構成する。

#### 【0047】

$U_{Bist}$  は、調整可能な過電圧限界値を超過すると、通常のパルスコンバータ運転が始動され、パルスコンバータのスイッチを用いて、発電機の3相出力が短絡される。そうすることによって、過電圧が非常に高速に低下する。それと同時に、電機の励磁電流は、例えば、高速除勢によって低減される。出力電圧が、出力電圧  $U_{Bsol1}$  の目標値の下側の、調整可能な下側電圧限界値に達すると、電機は

再度相応の調整領域1-3に調整される。

【0048】

方法の調整技術上の構成：

原理的には、限界値を、各個別調整領域間で数値による計算によって求めて、示された式を用いて、励磁電流並びに縦回路及び横回路電流を求めることができる。しかし、こうすることによって、非常に高い数量のコストとなる。しかし、全システムを自動車内に構成する必要がある場合、自動車内の、コスト上の理由から利用可能なコントローラの制限された計算能力しか利用できない。

【0049】

この難点を回避する手段は、例えば、テーブル指向の方法にある。上位のレギュレータは、各入力量 $P_{soll}$ 、 $n_G$ 、 $U_b$ 及び出力量 $I_E$ 、 $I_d$ 及び $I_q$ 乃至 $I_s$ 及び $\Psi$ である。この依存性は、多次元の表を用いて形成することができる。このテーブルは、上位のレギュレータのオフライン計算式を有している（調整領域1-4）。

【図面の簡単な説明】

【図1】

受動整流部付の発電機Gの構成部分を示す図

【図2】

全システムの原理的な構成を示す図

【図3】

調整領域1-3の原理的な経過特性を示す図

【図4】

発電機の特性を示す図

【図5】

システムの原理的な構成を示す図

【図6】

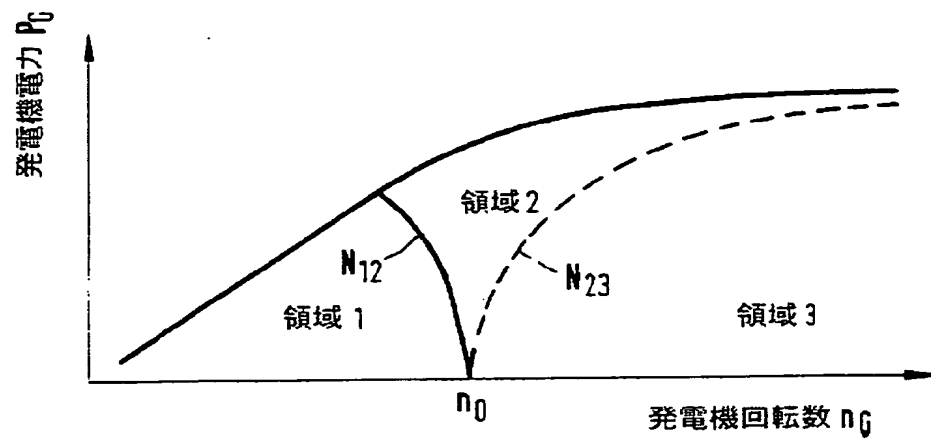
発電機の電力特性を示す図



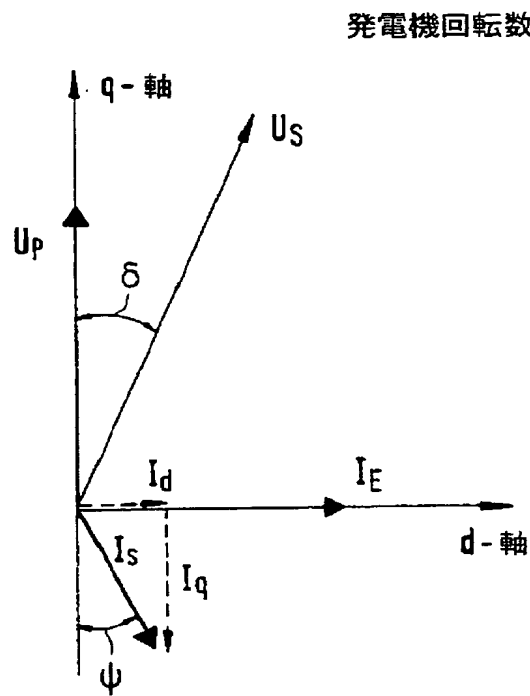
The diagram shows a three-phase bridge rectifier circuit. The AC supply is represented by three voltage sources  $U_P$  (each with a tilde symbol inside a circle) connected in a star configuration. Each phase branch contains a resistor  $R$  and an inductor  $L_S$  in series. The neutral point of the star is connected to ground  $G$ . The rectifier consists of six diodes labeled  $D1$  through  $D6$ . The output terminals of the bridge are connected to a load consisting of a resistor  $R$  and an inductor  $L_E$  in series. The current flowing into the load is labeled  $I_E$ . The total DC output voltage is labeled  $U_B$ .

[illegible]

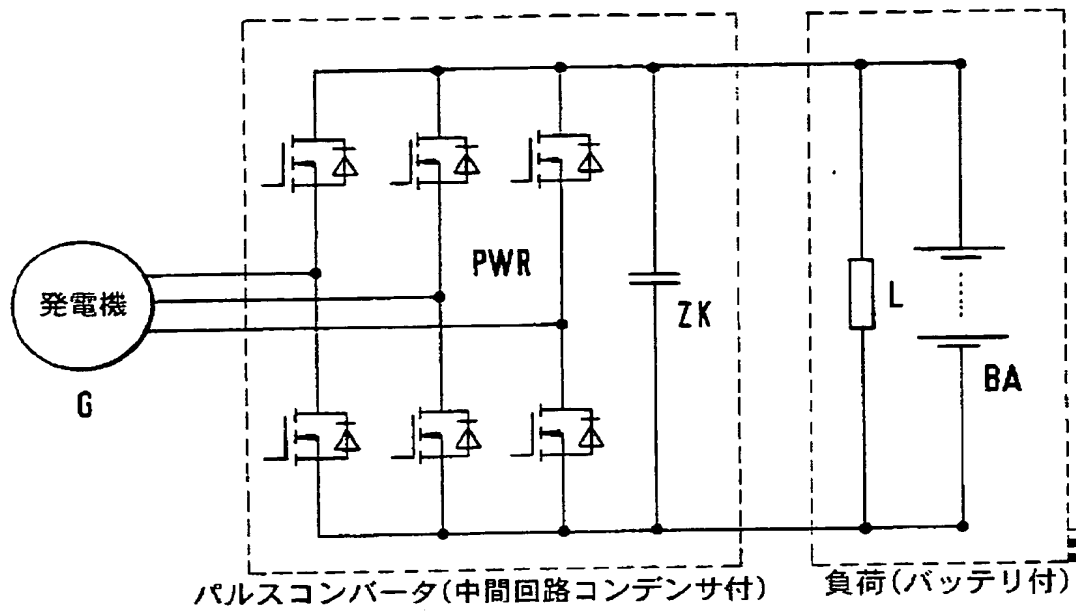
【図 3】



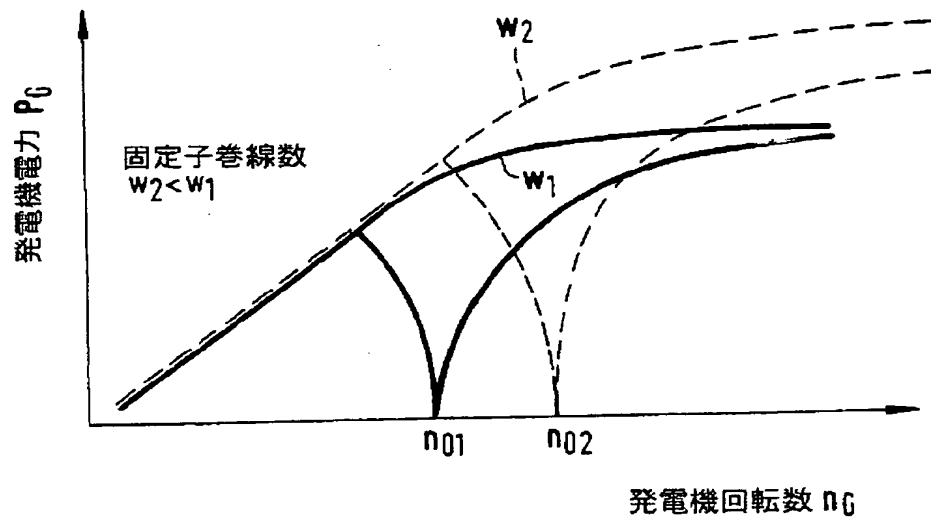
【図 4】



【図5】



【図6】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/DE 99/03416

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H02P9/48 H02J7/14		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H02P H02J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 144 178 A (SUGIURA TSUNEO) 1 September 1992 (1992-09-01) figure 8 ---	1,7
A	EP 0 693 816 A (NIPPON DENSO CO) 24 January 1996 (1996-01-24) ---	
A	EP 0 717 490 A (GEN MOTORS CORP) 19 June 1996 (1996-06-19) -----	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  23 February 2000		Date of mailing of the international search report  01/03/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5618 Patentaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 681 epo nl Fax: (+31-70) 340-3018		Authorized officer  Wansing, A

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/DE 99/03416

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5144178 A	01-09-1992	JP 2146948 A JP 2569360 B	06-06-1990 08-01-1997
EP 0693816 A	24-01-1996	DE 69514162 D JP 8214470 A US 5663631 A	03-02-2000 20-08-1996 02-09-1997
EP 0717490 A	19-06-1996	US 5773964 A	30-06-1998

Form PCT/ISA210 (patent family annex) (July 1992)

---

フロントページの続き

(72)発明者 リヒャルト シェットレ  
ドイツ連邦共和国 エルブロン マウルブ  
ロンナー シュトラーセ 5  
Fターム(参考) 5H590 AA04 BB09 CA07 CA23 CC01  
CC29 CD01 DD23 DD26 DD64  
DD77 EA07 EA13 EB11 FA06  
FA08 FC14 FC22 GA04 GA05  
GA06 GA08 HA02 HA04 HA09  
HA27

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**